

## Sztuczna inteligencja

Mianem sztucznej inteligencji (ang. *Artificial Intelligence* — AI) można określić dziedzinę wiedzy zajmującą się poszukiwaniem technik rozwiązywania — i ich formalnym sformułowaniem pozwalającym na implementację maszynową — problemów **trudnych**, czyli takich które ludzie rozwiązują — mniej lub bardziej wysilając swój intelekt — ale których dokładnego i ogólnego algorytmu rozwiązania nie potrafią podać.

Nie jest to precyzyjna definicja.

Czy to jest trudny problem:  
98731269868414316984251684351 × 985316846315968463198643541684?

A to: „Mężu, kup ładny kawałek wołowiny na pieczeń!”

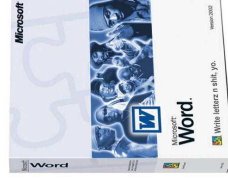
Problem naprawdę mega trudny: przelać wodę ze szklanki do pojemnika. Dokładniej: mając podłączoną do komputera kamerę wideo (niech będzie dwie) i mechaniczną rękę z palcami i przegubami, napisz program zdolny podnieść ze stolika szklankę z wodą, i przelać wodę do pojemnika. Dowolną szklankę. Z dowolnego stolika. Do dowolnego pojemnika.

Wprowadzenie do sztucznej inteligencji — co to jest AI?

1

## Czym jest a czym nie jest inteligencja?

Pojęcie inteligencji, lub jej braku, bywa często nadużywane. **Inteligentnym** budynkiem nazywa się budynek wyposażony w system automatycznego sterowania ogrzewaniem.



Jednocześnie często **głupim** (czyli: pozbawionym inteligencji) nazywa się program komputerowy, poprawiający na bieżąco błędy popełniane przez (inteligentnego) człowieka w pisaniu przez niego tekście, gdy program ten popełni okazjonalną pomyłkę i zaproponuje niewłaściwy wyraz.

Wprowadzenie do sztucznej inteligencji — co to jest AI?

2

## Co jest istotą inteligencji naturalnej?

Komputery są tanie i szybkie, mają potężne i niezawodne pamięci, a przy tym są dokładne, nie mylą się (no, powiedzmy), i nie męczą się, zachowując swoją dokładność przez wiele godzin pracy. W czym więc problem, co jest takiego w inteligencji człowieka, z czym mają trudności komputery?

Częściowo, problem tkwi właśnie w tej wytrwałej i niezawodnej dokładności!

Ludzie rozwiązują trudne problemy stosując **abstrakcję** — wielopoziomową analizę problemu i zdolność nieschematycznej **dekompozycji** problemu, tzn. rozbijania większego problemu na mniejsze. Ich myślenie cechuje **elastyczność** — zmienny punkt widzenia i myślenie wielokierunkowe. Są zdolni do efektywnego **rozpoznawania wzorców**, **kojarzenia faktów**, oraz **wykorzystywania analogii**.

Komputery natomiast mają trudności z rozpoznawaniem odmiennych sytuacji, zmianą sposobu myślenia, i dostosowaniem go do sytuacji. Algorytmy rozpoznawania wzorców mogą być efektywne jeśli są bardzo wyspecjalizowane, ale wtedy przestają działać gdy tylko zmienia się sytuacja.

Wprowadzenie do sztucznej inteligencji — co to jest AI?

3

## AI-entuzjaści i AI-sceptycy

Sztuczna inteligencja ma swoich zwolenników i oponentów. Oponenti AI twierdzą, że sztucznej inteligencji nie da się skonstruować, ponieważ inteligencja ma charakter nieobliczeniowy, i jest wyłączną domeną ludzkiego umysłu. Zaś istniejące systemy praktyczne najwyraźniej nie mają nic wspólnego z prawdziwą inteligencją, skoro są oparte na programach komputerowych, a te jedynie wykonują operacje na liczbach i symbolach.

Sztuczna inteligencja ma charakter uciekającego celu. Gdy niektóre zadania stawiane dawniej przed tą nauką zostały rozwiązane, oponenti AI stwierdzili, że rozwiązania tych problemów nie wymagały inteligencji, tylko były zwyczajnie nieznanne.

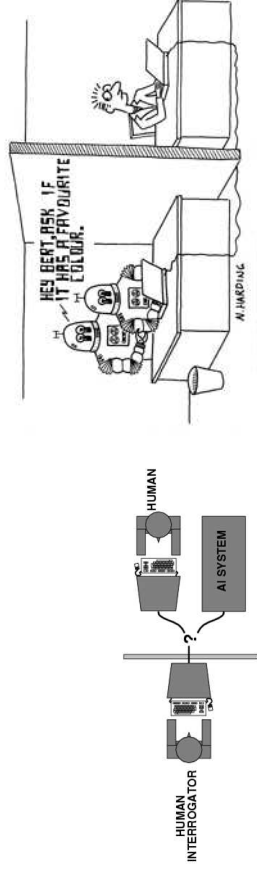
Przydatny byłby obiektywny test, pozwalający stwierdzić, czy stworzono sztuczna inteligencję.

Wprowadzenie do sztucznej inteligencji — co to jest AI?

4

## Test Turinga (ca 1950)

Należy skonstruować system zamknięty w odizolowanym pomieszczeniu i połączony z niezależnym obserwatorem terminalem komunikacyjnym (typu teletype). Operator może komunikować się z systemem w języku naturalnym, zadawać pytania, itp. Jednocześnie drugi terminal łączy operatora z drugim pomieszczeniem, gdzie przy terminalu siedzi człowiek. Jeśli operator nie będzie mógł na podstawie odpowiedzi uzyskiwanych od obu partnerów definitywnie stwierdzić który z nich jest systemem komputerowym, a który żywym człowiekiem, to system komputerowy należy uznać za inteligentny.



Pomimo upływu czasu test zachowuje aktualność, tzn. nie stworzono systemu, który by ten test bezdyskusyjnie zaliczył.

Wprowadzenie do sztucznej inteligencji — test Turinga

5

## Konkursy związane z testem Turinga

Test Turinga jest pewną abstrakcją i nie ma jednoznacznych reguł. Jednak podejmowane są próby jego praktycznej implementacji i zaliczenia testu.



Na przykład, w 1990 roku Hugh Loebner ufundował nagrodę \$100,000 i złoty medal dla pierwszego komputera, którego odpowiedzi w procedurze stanowiącej wersję testu Turinga, będą wystarczająco nieodróżnialne od odpowiedzi człowieka.

Regulaminy tych konkursów definiują treść i zakres komunikacji między uczestnikami a sędziami konkursu. Jednak ostatecznie to sędziowie decydują czy partner w konwersacji jest człowiekiem czy maszyną. Zatem o wyniku takiego konkursu może zdecydować pomyłka (niedostateczna inteligencja?) sędziego.

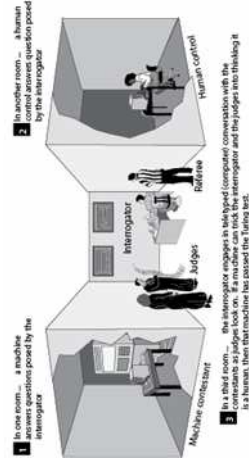
Na przykład, w innym konkursie zorganizowanym w 2014 dla uczczenia 60-tej rocznicy śmierci Turinga 33% sędziów uznało za człowieka rosyjski program Eugene Goostman udający ukraińskiego chłopca. Organizator konkursu ogłosił, że test Turinga został pokonany, co zostało wielokrotnie skrytykowane.

W 2011 program Watson (IBM) pokonał dwóch finalistów-ludzi i wygrał \$1M w grze telewizyjnej Jeopardy!, gdzie prowadzący podaje hasło-sugestię, a uczestnicy muszą potwierdzić jego zrozumienia przez sformułowanie pytania.

Wprowadzenie do sztucznej inteligencji — test Turinga

7

## Praktyczne aspekty testu Turinga



Zrealizowanie testu Turinga w praktyce zależy od następujących czynników ludzkich: człowieka zadającego pytania, człowieka nadzorującego przebieg testu, i sędziów oceniających otrzymane wyniki. Wprowadzają oni, że test jest subiektywny.

Wprowadzenie do sztucznej inteligencji — test Turinga

6

Wprowadzenie do sztucznej inteligencji — test Turinga

8

## Szachy komputerowe

Szachy są grą wymagającą inteligencji i od zawsze stanowiły wyzwanie i naturalny poligon dla technologii sztucznej inteligencji. Jednym z pierwszych programistów szachów komputerowych był Alan Turing, który nie był jednak w stanie uruchomić swojego programu na żadnym komputerze, ale wykonywał go przez ręczną symulację.

W 1957 roku Herb Simon, jeden z pionierów sztucznej inteligencji przewidział, że w ciągu 10 lat komputer zostanie mistrzem szachowym.

Istotnie się przeliczył. Po wielu latach wysiłków nad budową algorytmów, programów, i specjalizowanych komputerów do gry w szachy, dopiero w 1997 po raz pierwszy komputer szachowy Deep Blue pokonał mistrza świata Gary Kasparowa w jednym meczu. Nie oznaczało to jednak pełnego zwycięstwa komputerów nad ludźmi w szachach. Przez kolejnych 10 lat szereg kolejnych budowanych programów walczyło z najlepszymi szachistami ze zmiennym powodzeniem. W roku 2006 program Deep Frits pokonał w turnieju mistrza świata Władimira Kramnika. Od tego czasu zainteresowanie rozgrywkami najlepszych programów z ludźmi zaczęło spadać, co w jakiś sposób sygnalizuje zakończenie tej walki zwycięstwem komputerów.

Przez wiele lat bastionem nie do zdobycia przez komputery była gra „go”, która jest tak skomplikowana, że zdolność szybkiej analizy i sprawdzania wielu pozycji nie dawała komputerom przewagi nad ludźmi. Do roku 2016. W marcu 2016 program AlphaGo napisany w Google u pokonał koreańskiego arcymistrza Lee Sedola zamykając kolejny etap rywalizacji ludzi z maszynami.

## Inne gry

Možnaby powiedzieć, że gry są dla sztucznej inteligencji czymś takim jak wyścigi samochodowe dla przemysłu motoryzacyjnego. Od zawsze stanowiły wyzwanie dla badaczy i programistów. Gdy jedna gra zostawała rozpracowana — bądź teoretycznie, bądź przez siłowe przeszukiwanie połączone ze sprytnymi technikami — zainteresowanie przenosiło się na inne gry.

W warcabach program po raz pierwszy pokonał mistrza świata w roku 1994. Nieco później warcaby zostały rozpracowane teoretycznie. Jeśli obie strony grają optymalną strategią, to gra kończy się remisem.

W grze Othello najlepsze programy dominują nad ludźmi i rywalizacja nie ma sensu. Odwrotnie w grze go (1000 p.n.e.), gdzie liczba możliwych ruchów jest tak duża, że sensowna strategia musi być oparta na analizie logicznej, przewaga siły obliczeniowej znika, i najlepsze programy grają na poziomie amatorskim.

Ciekawy wynik został osiągnięty w grze Backgammon, gdzie program TDGammon (1992) osiągnął poziom mistrzowski, dzięki zdolności uczenia się, a nie tylko implementacji najlepszych znanych strategii. Strategie odkryte przez program zostały później przyjęte przez ludzi.

## Silna i słaba sztuczna inteligencja

W związku z potencjalną możliwością zbudowania sztucznej inteligencji sformułowano dwa poziomy realizacji tego celu.

- Hipoteza **silnej sztucznej inteligencji** postuluje możliwość zbudowania systemu rzeczywiście inteligentnego, zdolnego myśleć jak człowiek i posiadającego umysł.
- Hipoteza **słabej sztucznej inteligencji** polega na budowie systemów, które potrafiłyby działać i rozwiązywać problemy w warunkach pełnej złożoności świata rzeczywistego, tak jakby umysł posiadały i myślały.

Rozróżnienie tych dwóch postulatów ma głównie charakter filozoficzny i etyczny.

## Cele AI

W praktyce, celem badań i prac inżynierskich w zakresie sztucznej inteligencji są:

→ opracowanie obliczeniowej (algorytmicznej) teorii inteligencji, funkcjonowania ludzkiego mózgu, pamięci, świadomości, emocji, instynktów, itp.

W tym sensie sztuczna inteligencja ma związek z biologią, psychologią, filozofią, jak również matematyką i informatyką, ale także innymi dziedzinami nauki i wiedzy.

→ budowa inteligentnych systemów (komputerowych) do skutecznego rozwiązywania trudnych zagadnień, zdolnych funkcjonować w normalnym świecie

W tym sensie sztuczna inteligencja musi współpracować, poza informatyką, z robotyką, mechaniką, mechatroniką i szeregiem dziedzin inżynierskich.

## Zadania do rozwiązania

Pomiędzy innymi, sztuczna inteligencja musi zmierzyć się z następującymi zadaniami:

- **reprezentacja wiedzy** aby móc przyjmować pojawiające się informacje o świecie, rozumieć je, konfrontować z już posiadaną wiedzą
- **wnioskowanie** aby wyciągać wnioski z pojawiających się informacji, i podejmować decyzje o dalszych działaniach
- **uczenie się** dla dostosowania się do nowo pojawiających się okoliczności, nieprzewidzianych przez twórców systemu, pojmowania nowych zjawisk, itp.
- **rozumienie języka naturalnego** jest praktycznie niezbędne aby można było praktycznie sprawdzić zdolności systemu sztucznej inteligencji
- postępowanie się **wizją** w celu samodzielnego pozyskiwania wiedzy o świecie
- **robotyka** czyli praktyczna konstrukcja systemu zdolnego poruszać się i wykonywać działania w świecie rzeczywistym

## Reprezentacja wiedzy

Problem **reprezentacji wiedzy** jest centralny dla wszystkich dziedzin i technik sztucznej inteligencji. Polega on na stworzeniu/wyborze języka umożliwiającego wyrażanie faktów, relacji, zależności, działań, ich własności, znaczenia, skutków, i innych informacji o problemie i jego otoczeniu, które mają lub mogą mieć związek z jego rozwiązywaniem.

Problemem jest wybór i użycie **dobrego** języka reprezentacji wiedzy. Zastosowanie właściwego języka często umożliwia **efektywne znalezienie rozwiązania**, podczas gdy zastosowanie niewłaściwego języka może je znacznie utrudnić lub uniemożliwić.

Dobra reprezentacja wiedzy ma również znaczenie dla efektywności pracy człowieka nad problemem. Dobry język reprezentacji pozwala zrozumieć się nawzajem ludziom — fachowcom reprezentującym różne dziedziny wiedzy, pracującym wspólnie nad problemem.

---

Wprowadzenie do sztucznej inteligencji — reprezentacja wiedzy

17

## Uczenie się maszyn

Mówimy, że **agent sztucznej inteligencji uczy się, jeśli poprawia wyniki swoich przyszłych działań** na podstawie obserwacji swojego środowiska i wyników działań poprzednich.

Dopuszczamy więc podział agentów sztucznej inteligencji na takich, którzy potrafią się uczyć, i takich, którzy tego nie potrafią lub nie robią. To może rodzić dwie wątpliwości.

Po pierwsze, **inteligencja naturalna niepodzielnie posiada zdolność uczenia się, nie da się oddzielić inteligentnego działania i uczenia się**. Nie uznalibyśmy za inteligentnego człowieka, który nie uczy się ze swoich doświadczeń, przynajmniej w najprostszym sposób. Dlaczego więc rozdzielamy te zdolności dla inteligencji sztucznej?

Niestety, nie ma dobrej odpowiedzi na to pytanie. Prawie wszystkie najważniejsze paradygmaty sztucznej inteligencji działają bez uczenia się. **Zdolność uczenia się musi być dodana**.

---

Wprowadzenie do sztucznej inteligencji — uczenie się maszyn

19

## Czy maszynowe uczenie się jest potrzebne?

Pojawia się więc druga wątpliwość: jeśli zdolność uczenia się nie jest oczywista albo konieczna, to **czy na pewno jest niezbędna**? Być może algorytmy sztucznej inteligencji mogą być dopracowane w 100% do perfekcji, i agent sztucznej inteligencji nie będzie już w stanie nic zyskać przez uczenie się.

Na to pytanie istnieje odpowiedź, i można wymienić szereg powodów.

---

Wprowadzenie do sztucznej inteligencji — reprezentacja wiedzy

18

---

Wprowadzenie do sztucznej inteligencji — uczenie się maszyn

20

## Czy maszynowe uczenie się jest potrzebne? (2)

Po pierwsze, twórcy systemów sztucznej inteligencji **nie są w stanie przewidzieć wszystkich możliwych sytuacji** w jakich znajdzie się system. Na przykład, robot poruszający się w labiryncie musi nauczyć się topografii konkretnego labiryntu, w którym się znajdzie.

Po drugie, podobnie **nie można przewidzieć wszystkich możliwych zmian w czasie**. Np. program mający przewidywać zmiany kursów akcji musi nauczyć się dostosować swoje przewidywania, gdy warunki zmieniają się w nieoczekiwany sposób.

Po trzecie, niekiedy programiści po prostu **nie potrafią zaprogramować pewnych rozwiązań**. Na przykład, ludzie potrafią sprawnie rozpoznawać twarze osób znajomych. Nie są jednak znane żadne skuteczne algorytmy pozwalające osiągnąć podobną zdolność, z wyjątkiem za pomocą metod maszynowego uczenia się.

## Zastosowania — komunikacja w języku naturalnym

Technologie przetwarzania języka naturalnego:

- „rozumienie” tekstu, zamiana tekstu na reprezentację formalną
- maszynowe tłumaczenie
- ekstrakcja informacji
- odpowiadanie na pytania
- klasyfikacja tekstu, filtrowanie spamu, itp.

Technologie przetwarzania mowy:

- rozpoznawanie języka mówionego (ASR)
- synteza mowy (TTS)
- systemy dialogowe

## Zastosowania — percepcja wizualna

- rozpoznawanie obiektów, znaków
- segmentacja sceny
- rekonstrukcja 3D
- klasyfikacja obrazów

## Zastosowania — robotyka

Robotyka łączy ze sobą elementy mechaniki i elektroniki (mechatronika), oraz sztucznej inteligencji.

Gdy przystępujemy do budowy robotów i ich testowania w świecie rzeczywistym, napotykaemy problemy daleko wykraczające poza opracowaną teorię.

Zagadnienia, istniejące technologie, zastosowania:

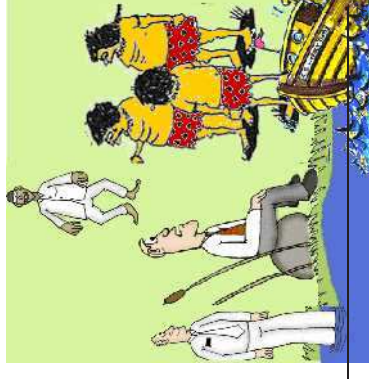
- planowanie działań
- sterowanie pojazdami (chodzącymi, jeżdżącymi, latającymi)
- systemy ratunkowe
- roboty społeczne — opieka nad ludźmi jej wymagającymi

Wprowadzenie do sztucznej inteligencji — zastosowania

25

## Historia AI — lata 50-te XX wieku

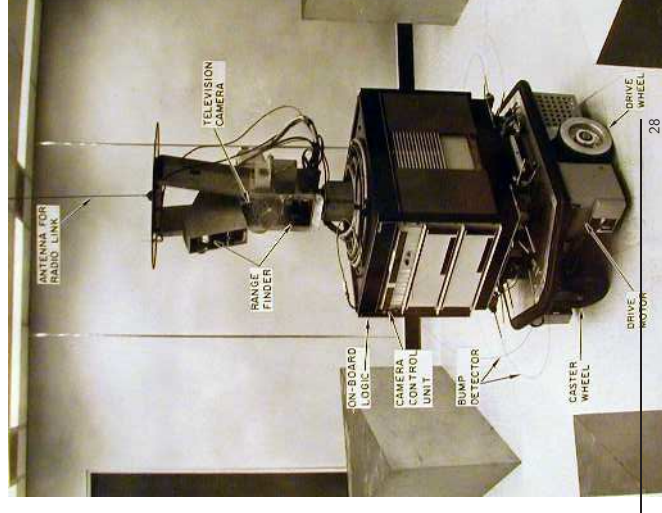
- idee XIX-wieczne (i wcześniejsze): filozofia, logika, prawdopodobieństwo, badania nad funkcjonowaniem mózgu ludzkiego
- lata 50-te XX wieku: powstanie AI związane jest z powstaniem informatyki, język programowania LISP (McCarthy)
- rozwiązywanie łamigłówek, gry, klasyczne problemy typu: „małpa i banany”, „misjonarze i ludożercy”, i inne
- wczesne systemy: GPS (Newell, Shaw, Simon), program do gry w warcaby (Samuel)
- modele teoretyczne: perceptron (Minsky)



Wprowadzenie do sztucznej inteligencji — historia

## Historia AI — trzeci kwartał XX wieku

- pojawienie się metod sformalizowanych opartych na logice
- związek z rozwojem robotyki: metody percepcji, planowanie działań, uczenie się
- po początkowym wybuchu entuzjizmu związanym z powstaniem wielu metod i nadziejach na szybkie osiągnięcie celów AI nadeszło zrozumienie problemów złożoności i bariery kombinatorycznej
- niedostatki logiki klasycznej: potrzeba rozumowania przybliżonego i robienia założeń w braku pewnej informacji
- rozumowanie oparte na zdrowym rozsądku



Wprowadzenie do sztucznej inteligencji — zastosowania

26

Wprowadzenie do sztucznej inteligencji — historia

28

## Historia AI — ostatni kwartał XX wieku

- zastosowania praktyczne, również komercyjne
- dowodzenie twierzeń i obliczenia symboliczne
- rozumienie języka naturalnego, automatyczne tłumaczenie tekstów, rozumienie mowy
- automatyczne programowanie: konstrukcja i weryfikacja programów
- analiza informacji wizyjnej i sterowanie robotami (pojazdami) autonomicznymi
- eksperckie systemy doradcze dla wielu dziedzin: medycyna, geologia, projektowanie inżynierskie, ekonomia, finanse, itp.
- uczenie się



Wprowadzenie do sztucznej inteligencji — historia

29

## Historia AI — wiek XXI

Na razie przewidywana, wiek XXI jeszcze się nie skończył ...

- Silny rozwój metod numerycznych, np. dla zagadnień CSP, zaskakujące spektakularne wyniki, rozwiązanie niektórych zagadnień trudnych w czasie wielomianowym, lub wręcz liniowym, np. algorytm GSAT.

W tym kontekście nabierają znaczenia algorytmy poddające się zrównoległaniu.

- Silny rozwój metod statystycznych, np. przetwarzanie języka naturalnego oparte na korpusach, i inne zastosowania.
- Rozwój metod opartych na modelach probabilistycznych, procesach Markowa, uczenie się ze wzmocnieniem, itp.
- Związki z ekonomią (inteligentny agent musi działać racjonalnie i ekonomicznie), teorią gier, itp.
- Metody reprezentacji wiedzy oparte na ontologiach przeżywają w XXI wieku odrodzenie i rozwijają się praktycznie w kontekście Internetu, tzw. *Semantic Web Initiative*.

Wprowadzenie do sztucznej inteligencji — historia

30

- Nadal popularne są podejścia agentowe, w różnych kontekstach
- Pojawiają się nowe dziedziny zastosowań, np. roboty społeczne.
- Dalsze dziedziny oddzielają się od sztucznej inteligencji i zaczynają żyć własnym życiem, np. drażnienie danych.
- Sztuczna inteligencja przenika do życia praktycznego w różnych postaciach, od inteligentnych asystentów w pakietach oprogramowania, inteligentne systemy obsługi klientów, systemy wspomagające obsługę różnych systemów, np. kierowanie samochodami, do systemów przeznaczonych do działania na polu walki.
- Coraz więcej zastosowań sztucznej inteligencji rodzi dylematy, kiedy i w jakim stopniu proces decyzyjny może być przekazywany inteligentnym maszynom.

Wprowadzenie do sztucznej inteligencji — historia

31

## Krótkie podsumowanie — pytania sprawdzające

1. Co to jest problem trudny?
2. Co to jest reprezentacja wiedzy?
3. Zdefiniuj dwa główne cele AI.
4. Czym się różni silna AI od słabej?
5. Czy można powiedzieć, że test Turinga został zaliczony, przynajmniej w jakimś stopniu?
6. Dlaczego metody maszynowego uczenia się są rozwijane w dodatku do podstawowych metod sztucznej inteligencji?

Wprowadzenie do sztucznej inteligencji

32